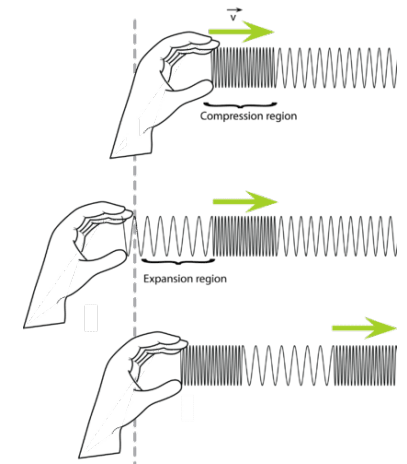


Aula 5a -Ondas

- O som
- A onda sonora harmônica

ONDAS SONORAS

- O som é uma onda longitudinal
- O som é uma onda de compressão/expansão
- O som se propaga em 3 dimensões



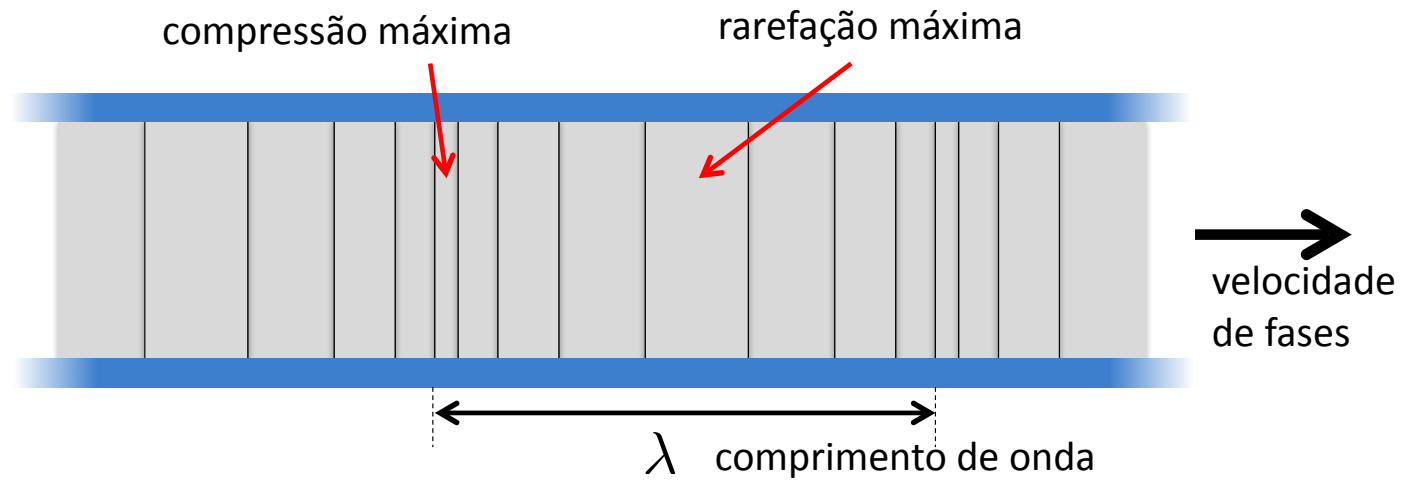
Crédito: FlexBook Platform

No estudo do som faremos idealizações análogas as feitas no caso da propagação de ondas na corda a menos que explicitam indicado:

- Consideramos o gás homogêneo
- Consideramos o gás perfeitamente elástico (ou seja o gás ideal)
- Não consideramos mudanças de fase (como liquefação)
- Não consideramos viscosidade ou outras formas de perda de energia por atrito
- Alguma vezes consideramos uma onda plana só se movendo em 1D

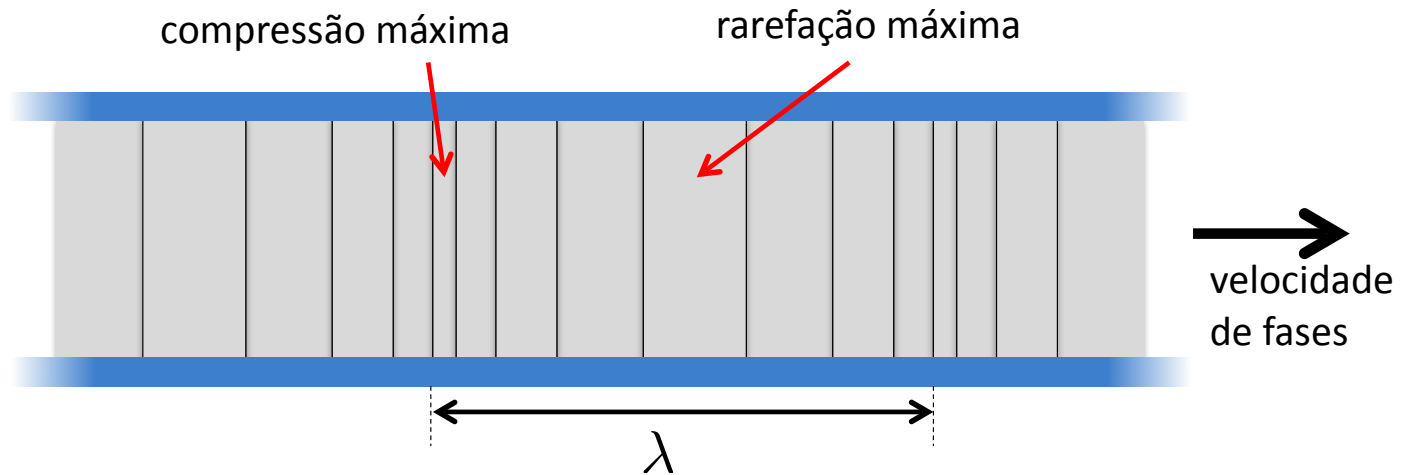


ONDAS SONORAS 1D

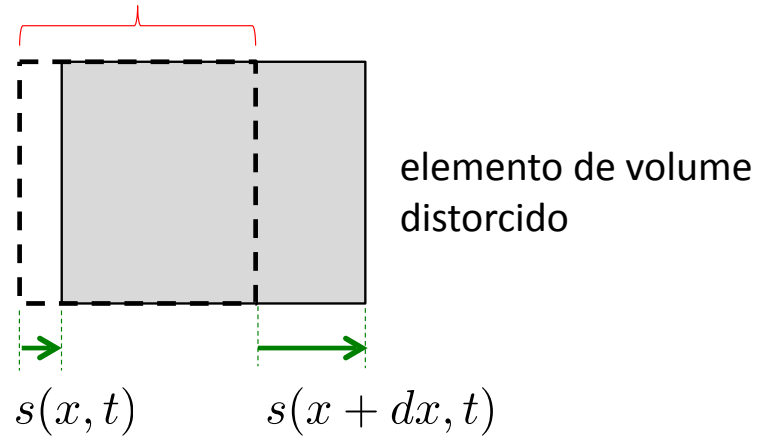


ONDAS SONORAS 1D

onda sonora
viajando dentro
de um cilindro:
visão lateral



tamanho original do cilindro de gás em equilíbrio



ONDAS SONORAS

Onda harmônica plana

Descrição em termos das deformações 1D (na direção x) dos elementos de volume do fluido.

Expressão da onda harmônica quanto ao descolamento da bordas dos elementos de volume

$$s(x, t) = s_m \cos(kx - \omega t + \phi)$$

amplitude
(unidades: comprimento)

número angular de onda
(unidades: rad/comprimento)

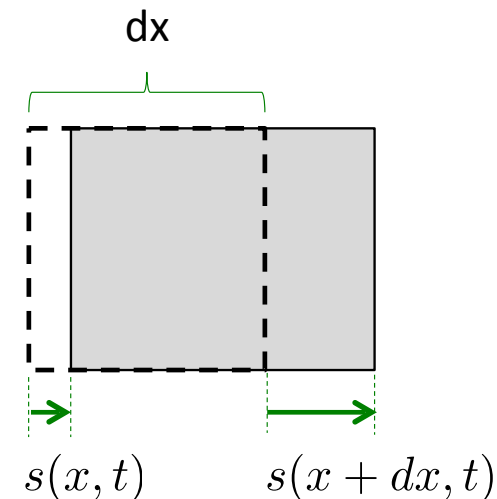
frequência angular
(unidades: rad/tempo)

Rad/seg , Ciclos/segundo
Ou Hertz.

constante de fase
(unidades: radiano)

Radiano não é uma unidade física. Uma quantidade em radianos é uma quantidade adimensional.

tamanho original



ONDAS SONORAS

Ondas sonoras se propagam devido à existência de uma força restauradora que se opõe a compressão ou expansão de um elemento de volume de ar à pressão atmosférica e devido à existência de inércia dentro deste elemento de volume de ar.

O **módulo de elasticidade volumétrica** de um fluído é definido como

$$B = -V \frac{\partial P}{\partial V}$$

O módulo de elasticidade mede a taxa de variação de pressão devido com a variação do volume relativo

$$B = - \frac{\Delta P}{\frac{\Delta V}{V}}$$

← variação da pressão
← variação relativa do volume

Pergunta: Porque tem o sinal negativo na fórmula do módulo?

ONDAS SONORAS

Onda harmônica em termos da pressão do gás

Descrição em termos da variação de pressão nos elementos de volume do fluido .

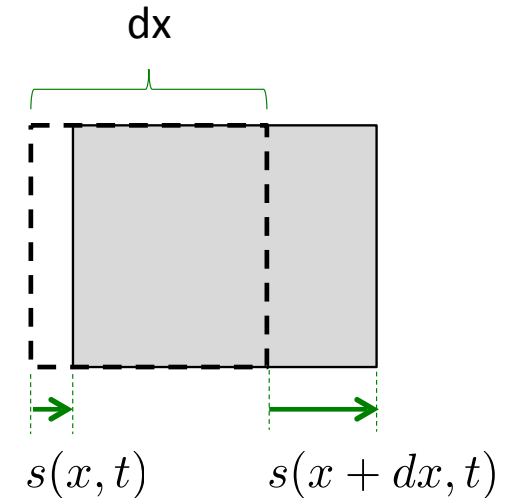
Usando a fórmula do módulo elástico

$$\Delta p(x, t) = -B \frac{\Delta V}{V}$$

Logo

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{A[s(x + dx, t) - s(x, t)]}{A dx} = \frac{\partial s}{\partial x}$$

tamanho original



Usando a expressão da onda que escolhemos $s(x, t) = s_m \cos(kx - \omega t + \phi)$

Obtemos

$$\Delta p(x, t) = \Delta p_m \sin(kx - \omega t + \phi)$$

onde

$$\Delta p_m = B k s_m$$

ONDAS SONORAS

Assim podemos representar uma onda num gás tanto em termos do movimento do gás como em termos das variações de pressão do gás

$$s(x, t) = s_m \cos(kx - \omega t + \phi)$$

amplitude em unidades de comprimento (m,cm,mm,nm, etc.)

$$\Delta p(x, t) = \Delta p_m \sin(kx - \omega t + \phi)$$

onde $\Delta p_m = B k s_m$

amplitude em unidades de pressão (Pa, atm, etc.)